

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-322228

(43)Date of publication of application : 12.11.1992

(51)Int.Cl.

G02F 1/35

G02B 6/00

G02B 6/42

(21)Application number : 03-090524

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing : 22.04.1991

(72)Inventor : OTA TAKESHI

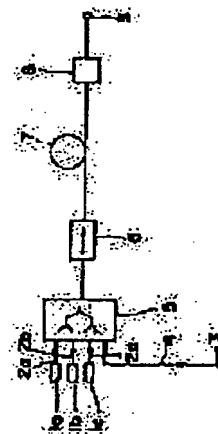
(54) OPTICAL FIBER AMPLIFIER

(57)Abstract:

PURPOSE: To excite an optical fiber with sufficient excitation density and to level the excitation state of the core part of a multi-mode fiber while using a coherent light source as to the optical fiber amplifier which uses a rare-earth doped multi-mode optical fiber.

CONSTITUTION: Excitation light beams from plural light sources 1a, 1b, and 1c are multiplexed by an optical multiplexer 5 and supplied to the multi-mode optical fiber 7 whose core is doped with rare earth to excite this multi-mode optical fiber.

Consequently, the number of excited modes increases statistically to enable multi-mode operation.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Page 233

(54) Title of invention: Optical fiber amplifier

(57) Abstract

(54) OPTICAL FIBER AMPLIFIER

(57)Abstract:

PURPOSE: To excite an optical fiber with sufficient excitation density and to level the excitation state of the core part of a multi-mode fiber while using a coherent light source as to the optical fiber amplifier which uses a rare-earth doped multi-mode optical fiber.

CONSTITUTION: Excitation light beams from plural light sources 1a, 1b, and 1c are multiplexed by an optical multiplexer 5 and supplied to the multi-mode optical fiber 7 whose core is doped with rare earth to excite this multi-mode optical fiber.

Consequently, the number of excited modes increases statistically to enable multi-mode operation.

Page 234

[Scope of claims]

[Claim 1]

Optical fiber amplifier comprising,

Multi mode optical fiber which core is doped with rare earth metal, optical coupling mean for exciting said multi mode optical fiber by coupling and supplying pump light from plural pump source to said multi mode optical fiber.

[Explanation of the invention]

[0001]

[Application in industry]

This invention is relates the optical fiber amplifier which amplify a light by exciting a doped fiber doped with rare earth metal by proper pump source and getting population inversion.

[0002]

[Conventional technique]

Recently, there are significant progress in Er doped fiber amplifier. (For example, "Nakazawa et al., optical amplifier and its application using Er doped fiber amplifier", Applied Physics (Japanese journal) 、 Vol 59, No, 9 (1990) P1175-1192. etc.,

[0003]

Main issue of these research and development for the Er doped fiber amplifier is amplification with single mode fiber because long distance optical telecommunication is the main purpose of them.

[0004]

However, optical amplification can be used to compensate an optical loss in Optical LAN (Local area network) and optical CATV (community antennatelevision) . For the short distance application such like these, multi mode fiber is better because the handling is easier.

[0005]

[The issue what the invention tries to solve]

There are some issues to realize a multi mode optical amplifier for Optical LAN.

[0006]

1) Multi mode fiber has a lot of modes, for example, there are 500 modes in the graded index multi mode fiber which core diameter is 60 μm and $\text{NA} = 0.2$. The inside of core must be excited homogeneously to get a same gain for each mode. In other word, pump light must be irradiated evenly for each mode. However, it is difficult actually to irradiate a pump light evenly for each mode when a laser light source was used for pumping source because laser light has coherency.

[0007]

2) The core diameter of multi mode fiber is very large (50-60 μm), so it needs several tens times higher pump light power to get a same excitation density as single mode fiber.

[0008]

The purpose of the invention is to solve the issue described above, namely, make it possible to excite a multi mode amplifier fiber with enough excitation density. Also, the purpose of the invention is to make the excitation condition inside of whole core homogeneous while using a coherent light.

[0009]

[The mean to solve the issue]

The optical fiber amplifier of this invention has a multi mode amplifier fiber doped with rare earth metal, optical coupling mean for exciting said multi mode fiber amplifier by coupling and supplying a pump light from plural pump source.

[0010]

[Effect]

The excitation density will increase and multi mode fiber will be enough excited by coupling pump light from plural pump source. And coherency of the laser light will be reduced by mixing plural pump light from plural pump source even if coherent light source was used as pump light. Thus, the number of mode which is excited in rare earth doped fiber increases statistically and multi mode operation become possible.

[0011]

[Embodiment]

Below is an explanation of embodiment.

[0012]

The schematics of optical fiber amplifier of the invention are shown in figure 1. The pump light from plural independent light source 1a, 1b, 1c, which is supplied through each input optical fiber 2a, 2b, 2c, and the signal input light from input signal source, which is supplied through input fiber 4 is coupled together by optical coupler 5. Then the both light pass the isolator 6 and excite the fiber amplifier. As shown in figure 2, the optical coupler 5 is made by glass or polycarbonate substrate 5a in which waveguide 5b is written by Ion selective or selective polymerization.

[0013]

The signal input light is amplified by the excitation of rare earth doped fiber 7, and reach the output end 9 through the narrow band pass filter 8. Then output signal is obtained.

[0014]

Each light source 1a, 1b, 1c has same constitution. Here, I will explain the constitution of light source 1a as an example. As shown in figure 3, excitation light 11 from standard semiconductor laser diode 10 is focused with lens 12 and irradiated onto the core 13 of the input fiber 2a. Here, 14 show the Clad of the input fiber 2a.

[0015]

As described above, the number of modes statistically increase because plural light source 1a, 1b, 1c is coupled together and they excite rare earth doped fiber. Namely, the number of modes which is excited increases because the phases of light from plural light source are different from each other. Moreover, the amount of excitation light increases by coupling plural light source. That is to say, the coherency is decreased and pump power is increased at a same time by coupling the pump light from plural light source, which has coherency.

Page 235

[0016]

Another example of the constitution which is used in optical fiber amplifier is shown in figure 4. In the example in figure 4, laser diode array 15 is used instead of light source 1a, 1b, 1c. As shown in figure 4, the light source, in which three independent (phases are not matched each other) laser diode 15a, 15b, 15c is located on a chip at 10 μm intervals, is used. To avoid phase matching of each laser, it is good to use a waveguide which confinement effect is relatively high.

[0017]

As a result, 3 lasers are deployed for each input fiber 2a, 2b, 2c. That means that 9 independent lasers are coupled so that the coherency is further decreased and pump power is increased further.

[0018]

When the number of coupling in coupler 5 is increased, the coherency is more decreased and pumps power increase more. It is difficult to increase the number of laser diode array because the number of array is limited by the fiber core diameter (50-60 μm). However, it is possible to increase the number of laser diode array if the technique for laser diode fabrication is improved so that the interval between each laser diode can be decreased less than 10 μm .

[0019]

[Effect of invention]

As described above, the rare earth doped fiber is excited with fewer coherencies even if the coherent light source is used as pump light because the plural laser is coupled together. Therefore, the number of mode which can be excited increases and the homogeneous excitation in whole core can be obtained. In addition, large core multi mode fiber can be excited with enough excitation density.

[Brief description of figure]

[Figure 1]

The optical wiring diagram which shows the overall structure of this invention.

[Figure 2]

The diagram of photo coupler which is used in optical fiber amplifier in figure 1.

[Figure 3]

The extended figure which shows the constitution of light source which is used in optical fiber amplifier in figure 1.

[Figure 4]

The extended figure which shows another example of light source used in figure 1.

[Number in figure]

1a, 1b, 1c: light source, 2a, 2b, 2c,z: input optical fiber, 3 : input signal end, 4: input fiber, 5a:substrate, 5b: waveguide, 6 optical isolator, 7: rare earth doped fiber, 8: narrow band pass filter, 9: output end. 10: semiconductor laser diode, 11: excitation light, 12: lens, 13: core, 14: clad, 15: Laser diode array, 15a, b, c,: laser diode.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-322228

(43) 公開日 平成4年(1992)11月12日

(51) Int Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/35	5 0 1	7245-2K		
G 0 2 B 6/00		7132-2K		
6/42		9017-2K	G 0 2 B 6/00	E
審査請求 未請求 請求項の数1(全 3 項)				

(21) 出願番号 特願平3-90524

(22) 出願日 平成3年(1991)4月22日

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社
東京都港区赤坂三丁目3番5号

(72) 発明者 太田 猛史

神奈川県海老名市本郷2274番地富士ゼロックス株式会社海老名事業所内

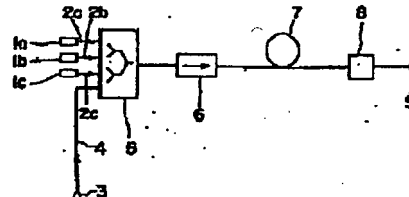
(74) 代理人 井理士 小堀 益

(54) 【発明の名称】 光ファイバ増幅器

(57) 【要約】

【目的】 希土類ドープマルチモード光ファイバを使用した光ファイバ増幅器において、光ファイバを十分な励起密度で励起できるようにするとともに、コヒーレントな光源を使用しつつマルチモードファイバのコア部の励起状態を平準化する。

【構成】 複数の光源1 a, 1 b, 1 cからの励起光を光合波器5で合成してコアに希土類をドープしたマルチモード光ファイバ7に供給し、このマルチモード光ファイバを励起することにより、励起されるモードの数が統計的に増し、マルチモード動作が可能となる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 コアに希土類をドープしたマルチモード光ファイバと、複数の光源からの励起光を合成して前記マルチモード光ファイバに供給して該マルチモード光ファイバを励起する光合成手段とを有する光ファイバ増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、コア部に希土類をドープした光ファイバを適当な光源によって励起して反転率位を得、それによって光を増幅する光ファイバ増幅器に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、希土類特にエルビウム (Er) をドープした光ファイバを用いた光増幅器が著しい進歩をあげている (たとえば、中沢, 「Erドープ光ファイバによる光増幅とその応用」, 応用物理, 第59巻, 第9号 (1990), P1175~1192、堀口, 「光ファイバ増幅器」, 光学, 第19巻, 第5号 (1990), P276~282等参照)。

【0003】 これらのErドープファイバ増幅器の研究開発は、主に長距離の光通信を念頭に置いて行われているので、シングルモードの光ファイバ系の光増幅が中心課題となっている。

【0004】 しかし、光増幅は、たとえば、光LAN(local areanetwork)や光CATV (community antennatelevision)系に於ける分配損失を補うというような用途にも有望である。このような近距離の光通信ネットワークには、取り扱いの容易なマルチモード光ファイバが適している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 光LAN用のマルチモード光ファイバ増幅器の実現を考えると次のような問題がある。

【0006】 1) マルチモード光ファイバは、当然ながら多数のモードがあり、たとえば、コア径60 μ m、NA (開口数) = 0.2のグレーデッドインデックス型ファイバでは、立ち得るモード数は500にもなる (たとえば、野田, 「光ファイバ伝送」, 電子通信学会 (1978), P42参照)。任意のモードに対して等しい利得を得るには、コア内部が均一に励起されなければならない。言い換えれば、励起光を各モード均一に照射しなければならない。しかしながら、レーザ光はコヒーレンス (可干渉性) を有しているので、励起光源にレーザ光源を用いた場合、励起光を各モード均一に照射することは実現困難である。

【0007】 2) マルチモードファイバは、コア径が50~80 μ mと大きく、コア径が10 μ m程度のシングルモードファイバに比べ、同じ励起密度を得るには数十倍の励起光を照射する必要がある。

2

【0008】 本発明は、前記問題点を解決するために案出されたものであって、マルチモード光ファイバを十分な励起密度で励起できるようにすることを目的とする。また、本発明は、コヒーレントな光源を使用しつつ、マルチモードファイバのコア部の励起状態を平準化することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明の光ファイバ増幅器は、コアに希土類をドープしたマルチモード光ファイバと、複数の光源からの励起光を合成して前記マルチモード光ファイバに供給して該マルチモード光ファイバを励起する光合成手段とを有する。

【0010】

【作用】 複数の光源からの励起光が合成されることにより、励起密度が上昇しマルチモードファイバが十分励起される。また、光源としてレーザを使用した場合でも、複数の光源からの励起光が合成されることにより、各励起光が有するコヒーレンスが軽減される。これにより、希土類ドープファイバにおいて励起されるモードの数が統計的に増し、マルチモード動作が可能となる。

【0011】

【実施例】 以下、図面を参照しながら実施例に基づいて本発明の特徴を具体的に説明する。

【0012】 本発明の光ファイバ増幅器の実施例の概略の構成を第1図に示す。複数の独立した光源1a, 1b, 1cから各入力光ファイバ2a, 2b, 2cを介して供給される励起光と、信号入力端3から入力光ファイバ4を介して供給される入力信号光とを、合波器5によって合波し、光アイソレータ6を通して希土類ドープファイバ7を励起する。前記合波器5は、図2に示すように、ガラス或いはポリカーボネートの基板5a上にイオン選択或いは選択重合により光導波路5bを形成することにより構成されている。

【0013】 希土類ドープファイバ7の励起により増幅された信号光は、狭帯域フィルタ8を介して出力端9に至り出力信号光が得られる。

【0014】 各光源1a, 1b, 1cは、同一構成を有しており、光源1aを例に挙げると、たとえば図3に示すように、通常の半導体レーザダイオード10からの励起光11を、レンズ12で収束してマルチモードの入力光ファイバ2aのコア部13に照射する。なお、14は入力光ファイバ2aのクラッド部である。

【0015】 上述のように複数の光源1a, 1b, 1cからの光を合成して希土類ドープファイバ7を励起することにより、励起されるモードの数が統計的に増す。すなわち、複数の光源1a, 1b, 1cからの各光の位相が互いに異なってくるので、励起されるモードの数は増す。また、励起光量も、単独光源の場合に比べ増加する。すなわち、個々にはコヒーレントな複数の光源からの光を合成して励起光源とすることにより、全体のコ

3

ヒールネス（可干渉性）を低減し、あわせて光量増加を図っている。

【0016】次に、光ファイバ増幅器において使用される光源の他の構成例を図4に示す。図4に示す例においては、各光源1a、1b、1cとしてレーザダイオードアレイ15を使用した点が図3に示す光源と異なっている。図4に示すように、3個の独立した、すなわち位相同期していないレーザダイオード15a、15b、15cを10 μ m間隔でひとつのチップ上に形成した発光素子を光源として用いている。各レーザダイオードを位相同期させないようにするためには、たとえば、各ダイオードを比較的高い閉じ込め効果の高い光導波路中に入れてやればよい。

【0017】これにより、3本の入力光ファイバ2a、2b、2cのそれぞれに対して3個のレーザ光源が配置されることになる。したがって、合計9個の互いに独立したレーザ光源からの光を合成して励起光のコヒーレンスを一層低下させ、かつ光量を増加させることができる。

【0018】合波器5における合波数をさらに増やせば、コヒーレンスをさらに低下させ、かつ、光量を増すことができる。アレイの数を増やすことについては、光ファイバのコア径が50~60 μ mということによって制約を受けるので、現在の製造技術ではアレイの数をこれ以上増やすことは難しい。但し、製造技術が向上して、レーザダイオード間の間隔を10 μ mより十分短くすることができるようになれば、アレイの数を更に増やすことは可能である。

4

【0019】

【発明の効果】以上に述べたように、本発明においては、複数の光源からの光を合成してマルチモード希土類ドープファイバを励起しているため、光源単体としてレーザ等のコヒーレントな光源を使用した場合でも、光のコヒーレンスが低下された状態で励起される。したがって、励起されるモードの数が増加し、コア部の励起を平均化することができる。また、光を合成するので励起光量が増加し、径大なマルチモード光ファイバを十分な励起密度で励起することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の光ファイバ増幅器の全体構成を示す光配線図である。

【図2】 図1に示す光ファイバ増幅器において使用される合波器の構成例を示す概略平面図である。

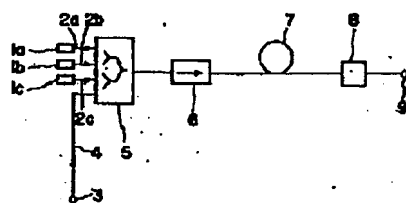
【図3】 図1に示す光ファイバ増幅器において使用される光源の構成例を示す要部拡大図である。

【図4】 図1に示す光ファイバ増幅器において使用される光源の他の構成例を示す要部拡大図である。

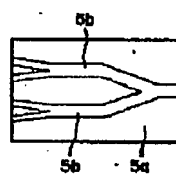
【符号の説明】

1a、1b、1c 光源、2a、2b、2c 入力光ファイバ、3 信号入力端、4 入力光ファイバ、5 合波器、5a 基板、5b 導波路、6 光アイソレータ、7 希土類ドープファイバ、8 禁帯域フィルタ、9 出力端、10 半導体レーザダイオード、11 励起光、12 レンズ、13 コア部、14 クラッド部、15 レーザダイオードアレイ、15a、15b、15c レーザダイオード

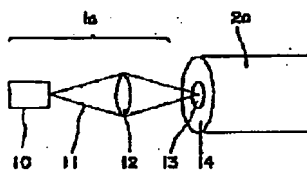
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

